

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Februar 2004 (19.02.2004)

PCT

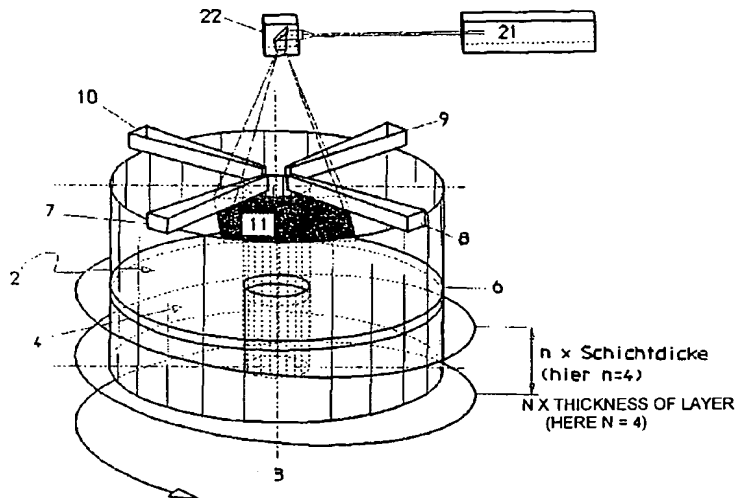
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/014637 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B29C 67/00 (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/008520 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MATTES, Thomas
(22) Internationales Anmeldedatum: 31. Juli 2003 (31.07.2003) (74) Anwälte: HOFER, Dorothea usw.; Prüfer & Partner GbR,
Harthauser Strasse 25d, 81545 München (DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, IN, JP, US.
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
(30) Angaben zur Priorität:
102 35 434.0 2. August 2002 (02.08.2002) DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Aus-
nahme von US): EOS GMBH ELECTRO OPTICAL
SYSTEMS [DE/DE]; Robert-Stirling-Ring 1, 82152
Krailling/München (DE).
Erklärung gemäß Regel 4.17:
— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US
Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING A THREE-DIMENSIONAL OBJECT BY MEANS OF A GENERATIVE PRODUCTION METHOD

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES DREIDIMENSIONALEN OBJEKTS MITTELS EINES GENERATIVEN FERTIGUNGSVERFAHRENS



(57) Abstract: The invention relates to a device and a method for the generative production of three-dimensional objects in a layered manner by selectively solidifying a solidifiable liquid or powdery structural material. By rotatably displacing the assembly region (2) in which the objects are produced, in relation to a material application device (7) for applying layers of the structural material and a solidifying device (1), the material application device (7) and the solidifying device (1) can be simultaneously used at different points of the assembly region.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/014637 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Es werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur schichtweisen, generativen Herstellung von dreidimensionalen Objekten durch selektives Verfestigen eines verfestigbaren flüssigen oder pulverförmigen Aufbaumaterials vorgesehen. Durch eine Drehbewegung des Baubereichs (2), in dem die Objekte hergestellt werden, gegenüber einer Materialauftragevorrichtung (7) zum Auftragen von Schichten des Aufbaumaterials und einer Verfestigungseinrichtung (1) können die Materialauftragevorrichtung (7) und die Verfestigungseinrichtung (1) gleichzeitig an unterschiedlichen Stellen des Baubereichs eingesetzt werden.

Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen eines
dreidimensionalen Objekts mittels eines generativen
Fertigungsverfahrens

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts mittels eines generativen Fertigungsverfahrens.

Bei den generativen Fertigungsverfahren, wie z. B. dem Selektiven Lasersintern, der Stereolithographie, dem LOM-Verfahren (Laminated Object Manufacturing), dem FDM-Verfahren (Fused Model Deposition), dem dreidimensionalen Drucken (Verfestigen von pulverförmigem Material mittels eines Klebers oder mittels chemischer Reaktion, insbesondere mittels der Verwendung von Mehrkomponentensystemen aus Binder/Härter oder mittels des Aufschmelzens von Thermoplast) wird das dreidimensionale Objekt schichtweise hergestellt, indem Schichten eines Aufbaumaterials aufgetragen und an den dem Querschnitt des Objekts entsprechenden Stellen miteinander verbunden werden.

Eine Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung eines dreidimensionalen Objektes durch Selektives Lasersintern ist bei-

spielsweise aus der EP 0 734 842 bekannt. Dort wird eine erste Schicht eines pulverförmigen Materials auf einen absenkbaren Träger aufgebracht und an den dem Objekt entsprechenden Stellen bestrahlt, so daß das Material dort zusammensintert. Danach wird der Träger abgesenkt und es wird auf diese erste Schicht eine zweite Schicht aufgebracht und wiederum selektiv gesintert, die dabei mit der ersten Schicht verbunden wird. Dadurch wird das Objekt schichtweise gebildet.

Unter Auftrag von Schichten eines Aufbaumaterials wird in dieser Anmeldung nicht ein selbständiges Fließen des Materials in den Zwischenraum zwischen Behälterboden und Träger verstanden, wie dies beispielsweise in DE 199 57 370 beschrieben ist.

Herkömmliche Lasersintermaschinen arbeiten bei der Herstellung von Objekten die grundlegenden Verfahrensschritte wie Dosierung, Beschichtung, Temperierung und Belichtung seriell ab oder haben diese prinzipbedingt nur teilweise parallelisiert. Hierdurch enthält das Verfahren lange Zeitdauern, innerhalb derer kein Material verfestigt wird. Die Folge ist eine gegenüber einem theoretischen Maximum an Produktivität, welches sich aus der verfügbaren Laserleistung sowie der Empfindlichkeit des zu verfestigenden Materials ergibt, reduzierte Produktivität einer Maschine. Ähnliches gilt für Vorrichtungen die für die anderen oben genannten generativen Fertigungsverfahren bekannt sind.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es die Produktionsgeschwindigkeit einer Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten sowie die Produktivität eines zugehörigen Verfahrens zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird durch die in Patentanspruch 1 gekennzeichnete Vorrichtung und das in Patentanspruch 17 gekennzeichnete Verfahren gelöst.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht einer Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 eine Draufsicht auf eine Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung einer Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4 eine Draufsicht auf eine Vorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine perspektivische Darstellung einer Vorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung;

Erste Ausführungsform

Fig. 1 zeigt eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Die Vorrichtung weist einen Baubereich 2 nicht notwendigerweise kreis-

förmigen Querschnitts auf. Dieser wird von einem nach oben offenen Baubehälter 4 mit einer äußeren Begrenzungsfläche 17 und einer inneren Begrenzungsfläche 16 eingenommen. Durch das Vorsehen der inneren Begrenzungsfläche 16 weist der durch die äußere Begrenzungsfläche 17 definierte Bauraum eine Ausnehmung auf. Eine Bauplattform 6 dient als untere Begrenzung des Baubehälters 4 und ist so gestaltet, daß sie den Bereich zwischen der inneren Begrenzungsfläche 16 und der äußeren Begrenzungsfläche 17 vollständig ausfüllt. Die Bauplattform 6 weist an ihrem inneren Rand eine Dichtung 19 zur Abdichtung des Spalts zwischen innerer Begrenzungsfläche 16 und Bauplattform 6 auf. Die Bauplattform 6 weist an ihrem äußeren Rand eine Dichtung 18 zur Abdichtung des Spalt zwischen äußerer Begrenzungsfläche 17 und Bauplattform 6 auf. Das Vorsehen einer inneren Begrenzungsfläche 16 ist nicht zwangsläufig notwendig. Ist lediglich eine äußere Begrenzungsfläche 17 vorhanden, weist der Baubehälter 4 keine Ausnehmung in seiner Mitte auf und die Bauplattform 6 weist kein Loch in der Mitte auf.

Die Bauplattform 6 ist mit einem Vertikalantrieb 15 verbunden, welcher eine Auf- und Abbewegung der Bauplattform 6 in vertikaler Richtung ermöglicht. Der gesamte Baubehälter 4 ist mit einem Antrieb 20 verbunden, welcher den Baubehälter 4 in eine Bewegung um eine mit der Symmetrieachse des Baubehälters 4 zusammenfallende Drehachse 3 versetzt. Die Verbindung zwischen dem Baubehälter 4 und dem Antrieb 20 ist dabei so gestaltet, daß sie unmittelbar unterhalb des Baubehälters 4 gelöst werden kann, sodaß der Baubehälter 4 aus dem Baubereich 2 entfernt werden kann.

Über dem Baubehälter 4 ist eine Materialauftragevorrichtung 7 zum Aufbringen des auf die Bauplattform aufzubringenden Ma-

terials angeordnet. Diese erstreckt sich in radialer Richtung über die maximale radiale Ausdehnung des Baubehälters. Oberhalb der Materialauftragsvorrichtung 7 ist eine Verfestigungseinrichtung in Form eines Lasers 21 und einer Ablenkeinheit 22 angeordnet. Die Ablenkeinheit ist dabei geeignet, den Laserstrahl auf beliebige Orte innerhalb eines Verfestigungsbereichs 11 zu richten. Vorzugsweise handelt es sich bei der Ablenkeinheit um einen xy-Scanner. Der Verfestigungsbereich 11 ist ein relativ zur Lage der Materialauftragsvorrichtungen ortsfester Teilbereich innerhalb des Baubereichs 2, der in Höhe der von den Materialauftragsvorrichtungen abgelagerten Schicht angesiedelt ist.

Wie in Fig. 1 dargestellt, sind der Laser 21, die Ablenkeinheit 22, der Vertikalantrieb 15 und der Antrieb 20 mit einer Steuerung 23 verbunden. Ferner zeigt Fig. 1 ein gebildetes Objekt 24, das von nicht verfestigtem Material 25 umgeben ist.

Als Nächstes wird ein Betrieb der Vorrichtung der ersten Ausführungsform beschrieben. Die Bauplattform 6 wird als erstes so positioniert, daß ihre Deckfläche bündig mit dem oberen Rand des Baubehälters 4 ist. Danach startet die Steuerung 23 die Bewegung des Baubehälters 4 um die Drehachse 3 mit gleichförmiger Geschwindigkeit durch den Antrieb 20, wobei die Materialauftragsvorrichtung 7 zu verfestigendes Material auf die Bauplattform 6 aufträgt. Danach wird der Belichtungsvorgang durch den Laser gestartet. Dieser verfestigt an selektiven Stellen das Material innerhalb eines ortsfesten Verfestigungsbereichs 11, unter welchem sich der Baubehälter 4 bewegt. Der Materialauftrag durch die Materialauftragsvorrichtung 7 erfolgt dergestalt, daß die aufgetragene Schicht beim Eintritt in den von der Laserstrahlung

abgedeckten Verfestigungsbereich 11 eine vorbestimmte Dicke d aufweist und kann ohne Mitwirkung der Steuerung automatisch erfolgen. Desweiteren steuert die Steuerung 23 den Vertikal-antrieb 15 dergestalt, daß während eines vollen Umlaufs des Baubehälters die Bauplattform um den Betrag der Schichtdicke d abgesenkt wird. Während jedes Umlaufs des Baubehälters 4 wird nun im Verfestigungsbereich 11 das an Stellen außerhalb des Verfestigungsbereichs 11 aufgetragene Material verfestigt.

Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, daß während der Verfestigung des aufgetragenen Materials in einem Oberflächenbereich des bzw. der herzustellenden Objekte(s) in anderen Oberflächenbereichen des bzw. der herzustellenden Objekte(s) neues Material aufgetragen wird. Durch die Parallelisierung von Materialauftrag und Verfestigung wird die Produktivität beim Herstellen von Objekten erhöht. Es entfallen Leerlaufzeiten, während derer das Material dosiert, abgelagert und temperiert wird und keine Verfestigung stattfinden kann. Die Relativbewegung der Auftragevorrichtung 7 zum Baubehälter 4 erfolgt dabei stets nur in einer Richtung. Dies hat unter anderem eine höhere Temperaturkonstanz zur Folge, was zu einer Reihe von Vorteilen, wie z.B. einer höheren Verfahrenssicherheit und einer höheren Präzision sowie der Verzugs- und Spannungsfreiheit der Bauteile, führt. Desweiteren ist die Größe und die Anzahl der herzustellenden Objekte nicht durch den Bereich, den die Ablenkeinheit abdeckt, begrenzt. Die Vorrichtung eignet sich daher zur Serienfertigung größerer Stückzahlen von Bauteilen mit gleichen Eigenschaften

Zweite Ausführungsform

Eine zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform darin, daß mehrere Verfestigungseinrichtungen 1 und mehrere Materialauftragevorrichtungen 7 vorhanden sind. Dabei ist jede Verfestigungseinrichtung einer Materialauftragevorrichtung 7 und einem Verfestigungsbereich innerhalb des Baubereichs 2 zugeordnet. Fig. 2 zeigt beispielhaft eine Draufsicht auf eine Vorrichtung mit vier Verfestigungsbereichen 11, 12, 13, 14, die jeweils zwischen den Materialauftragevorrichtungen 7 und 8 bzw. 8 und 9 bzw. 9 und 10 bzw. 10 und 7 vorhanden sind.

Der Betrieb einer Vorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung unterscheidet sich gegenüber dem Betrieb einer Vorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform darin, daß die aufgetragene Materialschicht in allen Verfestigungsbereichen gleichzeitig verfestigt wird. Bei der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung wird beispielsweise das von der Materialauftragevorrichtung 7 aufgetragene Material im Verfestigungsbereich 11 verfestigt, das von der Materialauftragevorrichtung 8 aufgetragene Material wird im Verfestigungsbereich 12 verfestigt, das von der Materialauftragevorrichtung 9 aufgetragene Material wird im Verfestigungsbereich 13 verfestigt und das von der Materialauftragevorrichtung 10 aufgetragene Material wird im Verfestigungsbereich 14 verfestigt. Dabei lagert jede der Materialauftragevorrichtungen das Material mit einer Schichtdicke d ab. Wenn allgemein n die Anzahl der vorhandenen Verfestigungsbereiche bezeichnet, so muß während einer Umdrehung des Baubehälters die Bauplattform um die n -fache Schichtdicke $n \times d$ abgesenkt werden, wie dies in Fig. 3 für $n=4$ dargestellt ist. Aus Gründen der Vereinfachung der Darstellung zeigt Fig. 3 lediglich eine der Verfestigungseinrichtungen 1.

Die Verwendung der zweiten Ausführungsform der Erfindung erlaubt gegenüber der ersten Ausführungsform eine weitere Erhöhung der Produktivität, da das Aufbaumaterial an mehreren Stellen des bzw. der aufzubauenden Objekte(s) gleichzeitig verfestigt wird.

Abwandlung 1 der ersten und zweiten Ausführungsform

Eine erste Abwandlung der Vorrichtung gemäß der ersten oder zweiten Ausführungsform weist einen Antrieb 20 auf, der in der Lage ist, die Umlaufgeschwindigkeit während des Umlaufs des Baubehälters in Stufen oder kontinuierlich zu ändern.

Bei einem Betrieb der ersten Abwandlung der Vorrichtung der ersten Ausführungsform wird die Umlaufgeschwindigkeit des Baubehälters um die Drehachse 3 erhöht, wenn nicht zu verfestigendes Material einer aufgetragenen Schicht den Verfestigungsbereich 11 durchquert. Dadurch kann die Produktionsgeschwindigkeit erhöht werden, da die Zeitdauer, während der kein Aufbaumaterial verfestigt wird, verkürzt wird.

Vorzugsweise wird die Umlaufgeschwindigkeit des Baubehälters in Abhängigkeit von der Ausdehnung der zu verfestigenden Teilbereiche der aufgetragenen Schicht variiert. Dies führt dazu, daß die aktuelle Umlaufgeschwindigkeit durch die Ausdehnung des größten innerhalb eines der Verfestigungsbereiche selektiv zu verfestigenden Teilbereichs der aufgetragenen Schicht festgelegt wird. Wird stets diese maximal mögliche Umlaufgeschwindigkeit als Umlaufgeschwindigkeit des Baubehälters eingestellt, so führt dies zu einer Erhöhung der Produktionsgeschwindigkeit.

Abwandlung 2 der ersten und zweiten Ausführungsform

Bei einer zweiten Abwandlung wird die Betriebsweise dergestalt verändert, daß die Dicke d der von den Materialauftragevorrichtungen abgelagerten Schicht variiert wird. Dabei wird die Absenkgeschwindigkeit der Bauplattform 6 an die Dicke d' der in einem Teilbereich des Baubereichs 2 abgelagerten Schicht angepaßt. Damit kann die Schichtdicke an die lokalen geometrischen Anforderungen des aufzubauenden Teils angepaßt werden. Wenn beispielsweise lokal eine erhöhte Detailauflösung benötigt wird, kann eine Schicht oder können mehrere Schichten mit geringerer Dicke aufgetragen werden. Der Bauprozess kann also optimiert werden.

Abwandlung 3 der ersten und zweiten Ausführungsform

Bei einer dritten Abwandlung der Vorrichtung der ersten oder zweiten Ausführungsform der Erfindung wird der Antrieb 20 nicht mit dem Baubehälter 4 sondern mit den Verfestigungseinrichtungen 1 und den Materialauftragevorrichtungen 7, 8, 9, 10 verbunden. Beim Betrieb behält daher der Baubehälter 4 seine Lage bei, während der Antrieb 20 die Verfestigungseinrichtungen 1 und die Materialauftragevorrichtungen 7, 8, 9, 10 eine Bewegung bezüglich des Baubehälters 4 um die Drehachse 3 herum durchführen läßt. Denkbar ist natürlich auch, daß sowohl die Verfestigungseinrichtungen 1 und die Materialauftragevorrichtungen 7, 8, 9, 10 als auch der Baubehälter 4 eine Bewegung gegeneinander ausführen.

Abwandlung 4 der ersten und zweiten Ausführungsform

Bei einer vierten Abwandlung der ersten und zweiten Ausführungsform kann die Bauplattform nicht kontinuierlich abgesenkt werden, sondern stufenweise, d.h. die Absenkung erfolgt beispielsweise nach vollendeter Verfestigung. Dies hat den Vorteil, daß die Fokussierung des Laserstrahls auf die zu verfestigende Schicht vereinfacht wird, da dadurch die aufgetragenen Schichten parallel zur Horizontalebene sind.

Dritte Ausführungsform

Die Figuren 4 und 5 zeigen eine dritte Ausführungsform der Erfindung. Die dritte Ausführungsform unterscheidet sich von der zweiten Ausführungsform darin, daß der Baubehälter 4 durch eine Mehrzahl von Baubehältern ersetzt ist. In den Figuren 4 und 5 wird der Baubereich beispielhaft von vier Baubehältern 4a, 4b, 4c, 4d eingenommen. Jeder der Baubehälter 4a bzw. 4b bzw. 4c bzw. 4d weist dabei eine Bauplattform 6a bzw. 6b bzw. 6c bzw. 6d auf und besitzt eine äußere Begrenzungsfläche 17, eine innere Begrenzungsfläche 16, sowie seitliche Begrenzungsflächen 26. Eine Bauplattform 6a bzw. 6b bzw. 6c bzw. 6d dient jeweils als untere Begrenzung des Baubehälters 4a bzw. 4b bzw. 4c bzw. 4d und erstreckt sich zwischen der äußeren Begrenzungsfläche 17, der inneren Begrenzungsfläche 16, sowie den seitlichen Begrenzungsflächen 26. Der Spalt zwischen der Bauplattform und den Begrenzungsflächen wird analog zu den vorangegangenen Ausführungsformen durch eine Dichtung abgedichtet. Die horizontalen Querschnittsflächen der einzelnen Baubehälter können eine beliebige Gestalt aufweisen und müssen nicht notwendigerweise identisch sein.

Wie aus Figur 4 ersichtlich ist, ist über dem Baubereich 2 eine Mehrzahl von Materialauftragevorrichtungen 7, 8, 9, 10 zum Aufbringen von Baumaterial auf die Bauplattformen 4a, 4b, 4c, 4d um die Drehachse 3 herum angeordnet. Vorzugsweise entspricht die Anzahl der Materialauftragevorrichtungen der Anzahl der Baubehälter. Oberhalb der Materialauftragevorrichtungen 7, 8, 9, 10 sind mehrere Ablenkeinheiten 22 und/oder Laser 21 angeordnet. Jede der Ablenkeinheiten ist dabei geeignet, den Laserstrahl auf beliebige Orte innerhalb eines der Ablenkeinheit zugeordneten Verfestigungsbereichs zu richten. Dabei ist jede Ablenkeinheit einem Verfestigungsbereich innerhalb des Baubereichs 2 zugeordnet. Vorzugsweise entspricht die Anzahl der Baubehälter der Anzahl der Verfestigungsbereiche. Fig. 4 zeigt beispielhaft eine Draufsicht auf eine Vorrichtung mit vier Verfestigungsbereichen 11, 12, 13, 14, die jeweils zwischen den Materialauftragevorrichtungen 7 und 8 bzw. 8 und 9 bzw. 9 und 10 bzw. 10 und 7 vorhanden sind.

Die Bauplattform 6a bzw. 6b bzw. 6c bzw. 6d ist jeweils mit einem in den Figuren nicht gezeigten Vertikalantrieb 15a bzw. 15b bzw. 15c bzw. 15d verbunden, welcher eine Auf- und Abbewegung der Bauplattform in vertikaler Richtung ermöglicht. Dabei ist jeweils die Verbindung zwischen dem Vertikalantrieb und dem Baubehälter unmittelbar unterhalb des Baubehälters lösbar, sodaß jeder der Baubehälter unabhängig von den anderen Baubehältern aus dem Baubereich 2 entfernt werden kann. Zur Vereinfachung des Aufbaus kann auch ein einziger Vertikalantrieb 15 vorhanden sein, mit dem alle Bauplattformen 6a, 6b, 6c, 6d verbunden sind. Alle Baubehälter 4a, 4b, 4c, 4d sind mit einem Antrieb 20 verbunden, welcher die Baubehälter 4a, 4b, 4c, 4d synchron zueinander in eine Bewegung um die Drehachse 3 herum versetzen kann. Die Laser 21, die Ablenk-

einheiten 22, die Vertikalantriebe 15a, 15b, 15c, 15d, und der Antrieb 20 sind mit einer Steuerung 23 verbunden.

Als Nächstes wird ein Betrieb der Vorrichtung der dritten Ausführungsform beschrieben. Durch die Steuerung 23 wird der Antrieb 20 veranlaßt, die Baubehälter 4a, 4b, 4c, 4d synchron mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Drehachse 3 herum zu bewegen. Die Materialauftragevorrichtungen 7, 8, 9, 10 tragen zu verfestigendes Material auf die Bauplattformen 6a, 6b, 6c und 6d auf. Wie bei der zweiten Ausführungsform wird die aufgetragene Materialschicht in allen Verfestigungsbereichen gleichzeitig verfestigt. Bei der in Fig. 4 dargestellten Vorrichtung wird beispielsweise das von der Materialauftragevorrichtung 7 aufgetragene Material im Verfestigungsbereich 11 verfestigt, das von der Materialauftragevorrichtung 8 aufgetragene Material wird im Verfestigungsbereich 12 verfestigt, das von der Materialauftragevorrichtung 9 aufgetragene Material wird im Verfestigungsbereich 13 verfestigt und das von der Materialauftragevorrichtung 10 aufgetragene Material wird im Verfestigungsbereich 14 verfestigt. Dabei lagert jede der Materialauftragevorrichtungen das Material mit einer Schichtdicke d ab. Aus diesem Grunde werden die Antriebe 15a, 15b, 15c, 15d dergestalt gesteuert, daß jede der Bauplattformen 4a, 4b, 4c, 4d während eines Umlaufs des zugehörigen Baubehälters um die vierfache Schichtdicke $4 \times d$ abgesenkt wird. Wenn allgemein n die Anzahl der vorhandenen Verfestigungsbereiche bezeichnet, so müssen die jeweiligen Bauplattformen während eines Umlaufs des zugehörigen Baubehälters um die n -fache Schichtdicke $n \times d$ abgesenkt werden. Der Vorteil der dritten Ausführungsform ergibt sich durch eine erhöhte Flexibilität. Die Vorrichtung kann mit nur einer Teilmenge der Baubehälter, sogar mit nur einem Baubehälter

betrieben werden. Dies gestattet in Anpassung an die Größe der zu verfestigenden Bauteile eine Verkleinerung des Bauvolumens, wodurch die Menge des einzusetzenden, nicht zu verfestigenden Ausgangsmaterials reduziert wird. Dies ist insbesondere von Bedeutung beim Verarbeiten von Thermoplasten, wo nicht verbrauchtes Ausgangsmaterial zwar wiederverwendbar ist, dies aber infolge einer thermischen Schädigung nur mit einem erhöhtem Einsatz von frischem Material als Beimischung möglich ist. Ein weiterer Vorteil ergibt sich daraus, daß bei vorzeitiger Fertigstellung einzelner Bauteile die zugehörigen Baubehälter vorzeitig entnommen werden können und durch neue Baubehälter ersetzt werden können. In den neuen Baubehältern erfolgt dann schon der Bau neuer Bauteile, während die Bauteile in den restlichen Baubehältern fertiggestellt werden, wodurch ein Produktivitätszuwachs erzielt wird.

Abwandlung 1 der dritten Ausführungsform

Optional können die Bauplattformen nicht kontinuierlich abgesenkt werden, sondern stufenweise, d.h. die Absenkung erfolgt beispielsweise nach vollendeter Verfestigung in allen Verfestigungsbereichen. Dies hat den Vorteil, daß die Fokussierung des Laserstrahls auf die zu verfestigende Schicht vereinfacht wird, da dadurch die aufgetragenen Schichten parallel zur Horizontalebene sind.

Abwandlung 2 der dritten Ausführungsform

Bei einer zweiten Abwandlung der dritten Ausführungsform kann die Schichtdicke der aufgetragenen Schicht in den unterschiedlichen Baubehältern unterschiedlich gewählt werden. Dies geht Hand in Hand mit einer unterschiedlichen Absenkgeschwindigkeit der Bauplattformen in den unterschiedlichen

Baubehältern. Dadurch können parallel Objekte mit unterschiedlichen Schichtdicken hergestellt werden.

Abwandlung 3 der dritten Ausführungsform

Analog zur oben beschriebenen Abwandlung 2 der ersten und zweiten Ausführungsform ist es auch möglich, die Dicke d der von den Materialauftragevorrichtungen abgelagerten Schicht innerhalb eines Baubehälters oder über mehrere Baubehälter hinweg zu variieren. Dadurch ist es möglich, die Schichtdicke an die lokalen geometrischen Anforderungen des aufzubauenden Teils, beispielsweise wenn lokal eine erhöhte Detailauflösung benötigt wird, anzupassen. Der Bauprozess kann also optimiert werden.

Abwandlung 4 der dritten Ausführungsform

In einer vierten Abwandlung führen die Baubehälter nicht eine Rotationsbewegung bezüglich einer Drehachse 3 aus. Stattdessen führt ein Führungsantrieb 27 die Baubehälter lediglich auf einer geschlossenen, nicht notwendigerweise kreisförmigen Bahn synchron um die Drehachse 3 herum. Wenn die Vorrichtung n Materialauftragevorrichtungen und n Verfestigungsbereiche aufweist, entspricht die Bahn vorzugsweise dem Rand eines n -Ecks. Optional führt jeder Baubehälter auf seiner Bahn rund um die Drehachse 3 eine zusätzliche Drehbewegung um eine durch ihn hindurchgehende, zur Drehachse 3 parallele Drehachse 3' aus.

Abwandlung 5 der dritten Ausführungsform

Bei einer fünften Abwandlung der dritten Ausführungsform weist analog zur oben beschriebenen Abwandlung 1 die Vorrichtung einen Antrieb 20 auf, der in der Lage ist, die Rotationsgeschwindigkeit während der Rotation des Baubehälters in Stufen oder kontinuierlich zu ändern. Dadurch kann die aktuelle Rotationsgeschwindigkeit an die Ausdehnung des größten innerhalb eines der Verfestigungsbereiche selektiv zu verfestigenden Teilbereichs der aufgetragenen Schicht angepaßt werden. Wird stets diese maximal mögliche Rotationsgeschwindigkeit als Rotationsgeschwindigkeit des Baubehälters eingestellt, so führt dies zu einer Erhöhung der Produktionsgeschwindigkeit.

Abwandlung 6 der dritten Ausführungsform

Bei einer sechsten Abwandlung der dritten Ausführungsform wird analog zur oben beschriebenen Abwandlung 3 der Antrieb 20 nicht mit den Baubehältern 4a, 4b, 4c, 4d, sondern mit den Ablenkeinheiten 22 und den Materialauftragevorrichtungen 7, 8, 9, 10 verbunden. Beim Betrieb behalten daher die Baubehälter 4a, 4b, 4c, 4d ihre Lage bei, während der Antrieb 20 die Ablenkeinheiten 22 und die Materialauftragevorrichtungen 7, 8, 9, 10 eine Rotationsbewegung um die Drehachse 3 durchführen läßt. Denkbar ist natürlich auch, daß sowohl die Ablenkeinheiten 22 und die Materialauftragevorrichtungen 7, 8, 9, 10 als auch die Baubehälter 4a, 4b, 4c, 4d gegeneinander rotieren.

Natürlich sind auch beliebige Kombinationen der verschiedenen Abwandlungen der dritten Ausführungsform möglich.

Bei allen Ausführungsformen können statt des Lasers und der Ablenkeinheit auch andere Strahlungsquellen, wie z.B. ein

Elektronenstrahl, Mikrowellenstrahlung, eine Lampe in Verbindung mit einer Maske, LEDs und andere Belichtungsarrays usw. oder andere Verfestigungsvorrichtungen, wie z.B. Binder- und Klebstoffaufbringvorrichtungen verwendet werden.

Die oben beschriebene Vorrichtung und die oben beschriebenen Verfahren können ferner bei verschiedenen generativen Fertigungsverfahren, wie z. B. dem Selektiven Lasersintern, insbesondere von Polymeren, der Stereolithographie, dem LOM-Verfahren (Laminated Object Manufacturing), dem FDM-Verfahren (Fused Model Deposition) oder dem dreidimensionalen Drucken (Verfestigen von pulverförmigem Material mittels eines Klebers oder mittels chemischer Reaktion, insbesondere mittels der Verwendung von Mehrkomponentensystemen aus Binder/Härter oder mittels des Aufschmelzens von Thermoplast), bei denen das dreidimensionale Objekt schichtweise hergestellt, indem Schichten eines Aufbaumaterials aufgetragen und an den dem Querschnitt des Objekts entsprechenden Stellen miteinander verbunden werden, eingesetzt werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes mittels eines generativen Fertigungsverfahrens, bei dem das Objekt schichtweise aus einem Aufbaumaterial hergestellt wird, mit einem Träger (4), einer Materialauftragevorrichtung (7) zum Auftragen von Schichten des Aufbaumaterials auf einen Träger (4) oder eine zuvor aufgetragene Schicht und einer Einrichtung (1) zum Verbinden der aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht in einem Verfestigungsbereich (11),
dadurch gekennzeichnet, daß
der Träger (4) und die Materialauftragevorrichtung (7) relativ zueinander derart bewegbar sind, daß während des Verbindens der aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht die zuvor aufgetragene Schicht und die Materialauftragevorrichtung (7) relativ zueinander bewegt werden.

2. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes mittels eines generativen Fertigungsverfahrens, bei dem das Objekt schichtweise aus einem Aufbaumaterial hergestellt wird, mit einem Träger (4), einer Materialauftragevorrichtung (7) zum Auftragen von Schichten des Aufbaumaterials auf einen Träger (4) oder eine zuvor aufgetragene Schicht und einer Einrichtung (1) zum Verbinden der aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht in einem Verfestigungsbereich (11),
dadurch gekennzeichnet, daß
der Träger (4) und die Materialauftragevorrichtung (7) relativ zueinander derart bewegbar sind, daß das Verbinden einer

aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht ohne Unterbrechung der Materialzufuhr erfolgt.

3. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes mittels eines generativen Fertigungsverfahrens, bei dem das Objekt schichtweise aus einem Aufbaumaterial hergestellt wird, mit einem Träger (4), einer Materialauftragevorrichtung (7) zum Auftragen von Schichten des Aufbaumaterials auf einen Träger (4) oder eine zuvor aufgetragene Schicht und einer Einrichtung (1) zum Verbinden der aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht in einem Verfestigungsbereich (11),
dadurch gekennzeichnet, daß
der Träger (4) und die Materialauftragevorrichtung (7) relativ zueinander derart bewegbar sind, daß die relative Bewegung stets nur in einer Richtung erfolgt und während des Materialauftrag relativ zueinander derart bewegt werden, daß die relative Bewegung stets nur in einer Richtung erfolgt.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der der Träger (4) relativ zu der Materialauftragevorrichtung (7) in einer Rotationsbewegung mit Vorschub in Richtung der Rotationsachse bewegbar ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der der Vorschub kontinuierlich oder stufenförmig erfolgt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, bei der der Träger (4) und die Materialauftragevorrichtung so bewegbar sind, daß sich der Träger relativ zu der Materialauftragevorrichtung (7) während einer kompletten Umdrehung um das Maß einer Schichtdicke entfernt.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der sich der Träger (4) bewegt und die Materialauftragevorrichtung (7) und die Einrichtung (1) zum Verbinden der Schichten stillstehen.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der der Träger (4) stillsteht und die Materialauftragevorrichtung (7) und die Einrichtung (1) zum Verbinden sich bewegen.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 8, bei der die Geschwindigkeit und/oder der Vorschub in Richtung der Rotationsachse variierbar sind.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, bei der die Umfangsgeschwindigkeit der Rotationsbewegung variierbar ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, bei der mehrere Verfestigungsbereiche (11) vorgesehen sind.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei der mehrere Träger (4) vorgesehen sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der der Vorschub der Träger unabhängig steuerbar ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei der die Träger eine Rotationsbewegung auf einer nichtkreisförmigen Bahn, bevorzugt auf einem n-Eck, wenn n Träger vorgesehen sind, ausführen.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei der mehrere Materialauftragevorrichtungen (7) vorhanden sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei der jedem Verfestigungsbereich (11) eine Einrichtung zum Verbinden (1) der aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht zugeordnet ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei der das Aufbaumaterial pulverförmig ist und daß die Einrichtung zum Verbinden (1) der aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht des Aufbaumaterials eine Strahlungsquelle, bevorzugt einen Laser, zum Sintern des Pulvers oder eine Einrichtung zum Verfestigen des Pulvers mittels eines Klebstoffs

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei der Träger (4) Teil eines Behälters zum Aufnehmen des Aufbaumaterials ist.

19. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch ein generatives Fertigungsverfahren, bei dem das Objekt aus einem Aufbaumaterial schichtweise hergestellt wird durch Auftragen von Schichten des Aufbaumaterials auf einen Träger (4) oder eine zuvor aufgetragene Schicht mittels einer Materialauftragevorrichtung (7) und Verbinden der aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (4) und die Materialauftragevorrichtung (7) relativ zueinander derart bewegt werden, daß während des Verbindens der aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht die zuvor aufgetragene Schicht und die Materialauftragevorrichtung (7) relativ zueinander bewegt werden.

20. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch ein generatives Fertigungsverfahren, bei dem das Objekt aus einem Aufbaumaterial schichtweise hergestellt wird durch Auftragen von Schichten des Aufbaumaterials auf einen Träger (4) oder eine zuvor aufgetragene Schicht mittels einer Materialauftragevorrichtung (7) und Verbinden der aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (4) und die Materialauftragevorrichtung (7) relativ zueinander derart bewegt werden, daß das Verbinden einer aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht ohne Unterbrechung der Materialzufuhr erfolgt.

21. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch ein generatives Fertigungsverfahren, bei dem das Objekt aus einem Aufbaumaterial schichtweise hergestellt wird durch Auftragen von Schichten des Aufbaumaterials auf einen Träger (4) oder eine zuvor aufgetragene Schicht mittels einer Materialauftragevorrichtung (7) und Verbinden der aufgetragenen Schicht mit einer zuvor aufgetragenen Schicht, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (4) und die Materialauftragevorrichtung (7) relativ zueinander derart bewegt werden, daß die relative Bewegung stets nur in einer Richtung erfolgt und während des Materialauftrag relativ zueinander bewegt werden.

22. Verfahren nach einem der Anspruch 19 bis 21 mit den Schritten

- (a) schichtweises Auftragen des Aufbaumaterials und
- (b) Verbinden des aufgetragenen Aufbaumaterials einer Schicht mit dem Aufbaumaterial der zuvor aufgetragenen Schicht,

dadurch gekennzeichnet, daß die Schritte (a) und (b) gleichzeitig, jedoch stets in voneinander verschiedenen Bereichen stattfinden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 22, bei dem mindestens zwei Objekte gleichzeitig hergestellt werden.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 23 zu dessen Durchführung eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18 verwendet wird.

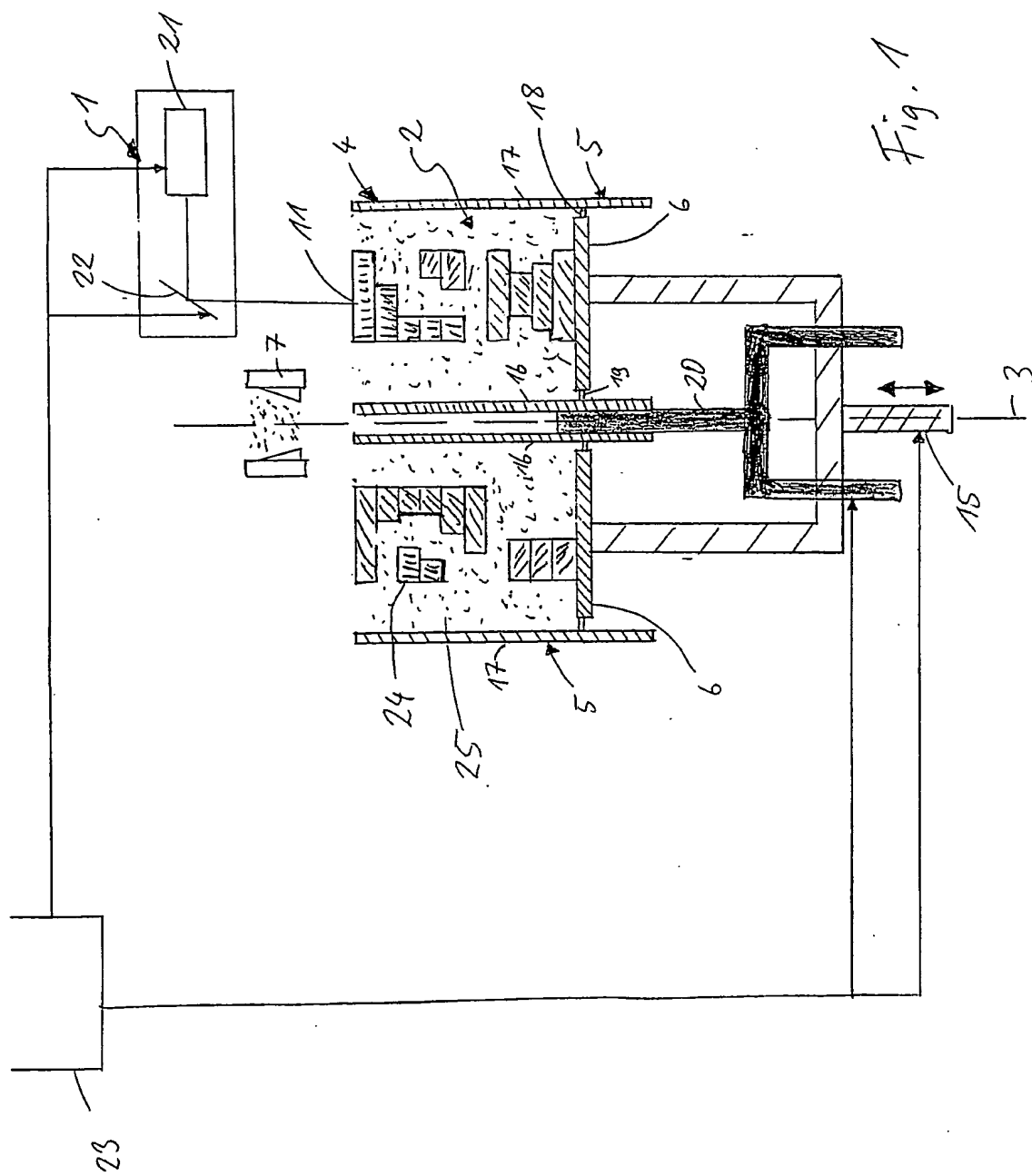
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, bei dem die Relativbewegung zwischen der Materialauftragvorrichtung (7) und dem Träger (4) derart erfolgt, daß sich ein Punkt auf dem Träger auf einer Spiralbahn bewegt.

26. Verfahren nach Anspruch 25, bei dem eine Spiralwindung kreisförmig, n-eckig, oval oder unregelmäßig gekrümmt ist.

27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abschnitt der Spiralbahn in Richtung der Spiralachse linear verläuft.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 27, bei dem die Schicht des Aufbaumaterials mit einer im Baubereich variierenden Dicke aufgetragen wird.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 28, bei dem das Verfahren zum generativen Herstellen eines dreidimensionalen Objekts das Lasersinterverfahren oder ein 3D-Druckverfahren ist.



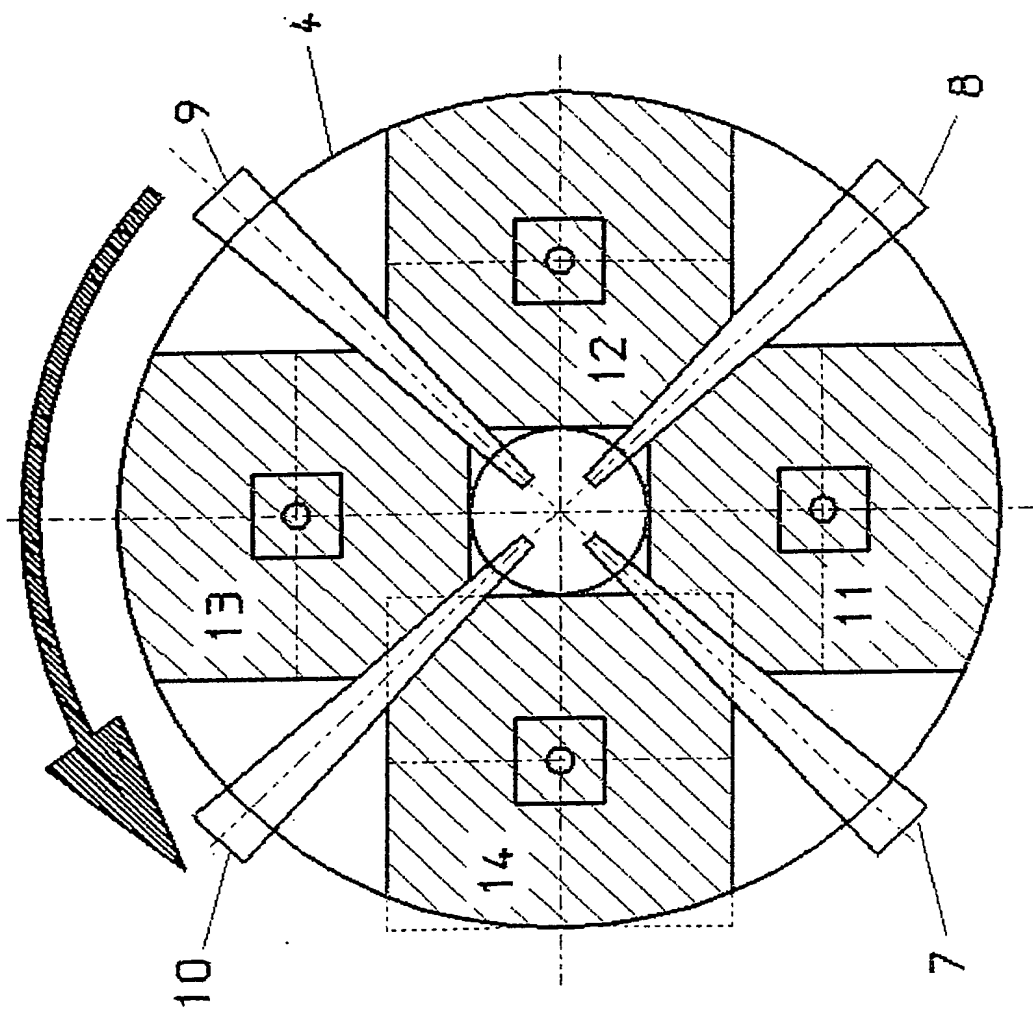


Fig. 2

